



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Porter à connaissance (PàC) - carrière des petites Hayes -

Décembre 2021

Commune de Coulonges-sur-Sarthe

*Communauté de communes
de la Vallée de la Haute Sarthe*



Source : BRGM

Table des matières

1. Contexte.....	3
2. Données actuelles.....	3
3. Diagnostic et recommandations du BRGM.....	4
4. Prescription d'urbanisme au titre du R111-2 du code de l'urbanisme.....	4
4.1 Carrière cartographiée et zone d'influence (zonage rose).....	6
4.2 Périmètre de protection de 60 mètres (zonage jaune).....	6
5. Synthèse des risques sur la commune.....	7
Annexe 1 : emprise de la carrière et périmètre de sécurité.....	8
Annexe 2 : extrait de l'évaluation des risques liés au vieillissement des carrières souterraines abandonnées du Calvados et de l'Orne – année 2018 -2020 - BRGM.....	10

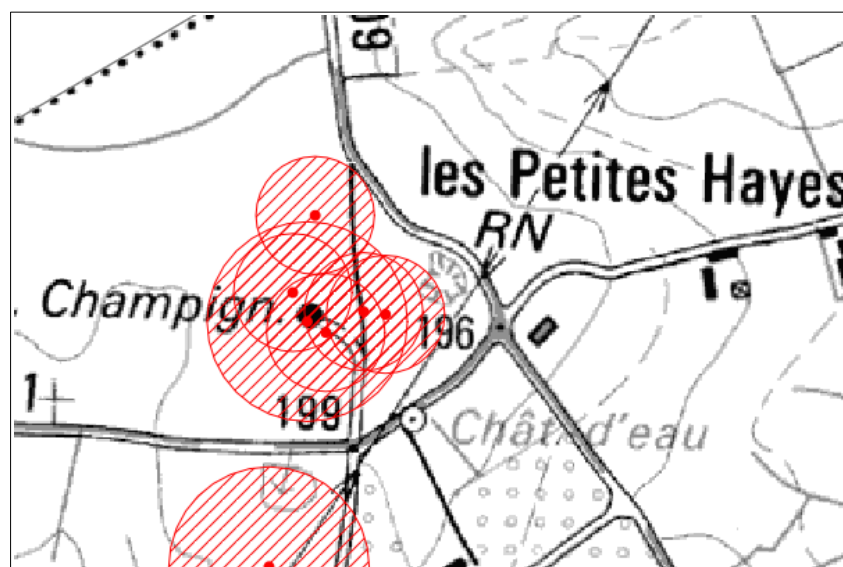
1. Contexte

Le BRGM, en partenariat avec la DREAL Normandie, mène des études sur le vieillissement des carrières souterraines. La commune de Coulonges-sur-Sarthe est concernée par la troisième tranche des investigations (années 2018 à 2020) avec la carrière des petites Hayes au lieu-dit du même nom. Le bureau national géologique a réalisé le levé géométrique les 5 et 6 août 2019 et le diagnostic de stabilité du 8 au 10 septembre 2020.

2. Données actuelles

Dans le département de l'Orne, les indices de cavités sont répertoriés dans les bases de données du BRGM et de la DREAL.

Deux indices de la BD cavités et quatre indices du plan marnières sont situés sur l'emprise de la carrière ; ils sont enregistrés soit comme des entrées ou soit comme des effondrements.



Extrait de la carte dynamique Carmen de la DREAL Normandie

3. Diagnostic et recommandations du BRGM

Se référer aux pages 23 et 24 du rapport du BRGM en annexe 2.

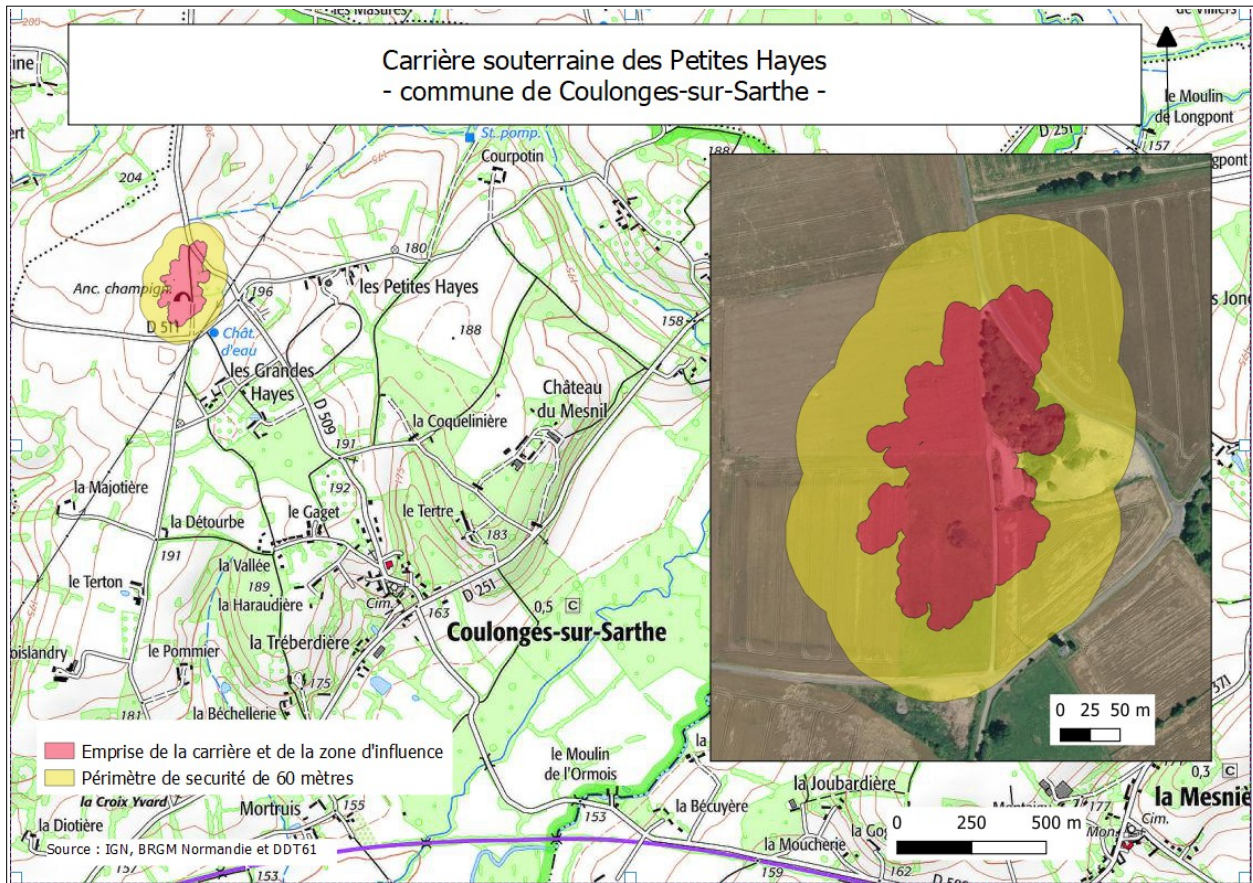
4. Prescription d'urbanisme au titre du R111-2 du code de l'urbanisme

R111-2 du CU Le projet peut être refusé ou n'être accepté que sous réserve de l'observation de prescriptions spéciales s'il est de nature à porter atteinte à la salubrité ou à la sécurité publique du fait de sa situation, de ses caractéristiques, de son importance ou de son implantation à proximité d'autres installations.

Le BRGM a établi la cartographie de la carrière et la DDT y a intégré la zone d'influence. Lors d'un éventuel effondrement du toit de la carrière, la zone impactée serait en effet plus étendue que l'emprise de la carrière elle-même. Cette zone d'influence a été calculée en prenant en compte les hauteurs moyennes de recouvrement et de vide. Le zonage rose recouvre ainsi l'emprise de la carrière avec la zone d'influence qui est généralement de quelques mètres.

D'autre part, des incertitudes persistent sur l'emprise de la carrière du fait que certains endroits n'étaient pas accessibles à cause d'éboulements ou de remblaiements. La DDT a donc mis en place une zone de protection (périmètre de sécurité) de 60 mètres autour de la zone d'influence de la carrière.

Porter à connaissance sur la carrière des petites Hayes – commune de Coulonges-sur-Sarthe



4.1 CARRIÈRE CARTOGRAPHIÉE ET ZONE D'INFLUENCE (ZONAGE ROSE)

Le diagnostic établi par le BRGM fait part d'un état mauvais à médiocre à bon selon les secteurs. Cette zone est impropre à l'urbanisation.

Aucun travaux de terrain, déblaiement ou terrassement, ne devra être entrepris sans étude géotechnique.

Il serait souhaitable d'y interdire des utilisations comme le passage et le stationnement de poids lourds, ou le stockage de matériaux lourds ($>1t/m^2$), tout au moins sur les secteurs identifiés par le BRGM.

4.2 PÉRIMÈTRE DE PROTECTION DE 60 MÈTRES (ZONAGE JAUNE)

Il n'est pas recommandé le passage et le stationnement de poids lourds, ou le stockage de matériaux lourds ($>1t/m^2$) avant la réalisation d'une étude géotechnique.

Dans cette zone, la constructibilité peut y être autorisée moyennant des reconnaissances techniques (basées sur des sondages carottés ou destructifs avec enregistrement de paramètres, avec une densité et une profondeur suffisante).

5. Synthèse des risques sur la commune

Sur la commune de Coulonges-sur-Sarthe, les risques naturels suivants ont déjà été répertoriés sur les sites de la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Normandie :

GÉNÉRATEURS DE RISQUE	SOURCE D'INFORMATIONS
Les cavités répertoriées ou non répertoriées	Carte dynamique de la DREAL Normandie sur la prédisposition aux risques mouvements de terrain : https://carmen.application.developpement-durable.gouv.fr/8/risques_naturels_mvt.map
Chutes de blocs	
Glissements de terrain	
Retrait-gonflement des argiles	Carte dynamique de la DREAL Normandie sur la prédisposition aux risques inondations : https://carmen.application.developpement-durable.gouv.fr/8/risques_naturels_inondation.map
Débordement de cours d'eau	
Remontée de nappe	

Autres bases d'informations :

- ✓ le site de la Direction générale de la prévention des risques :

<https://www.georisques.gouv.fr> ;

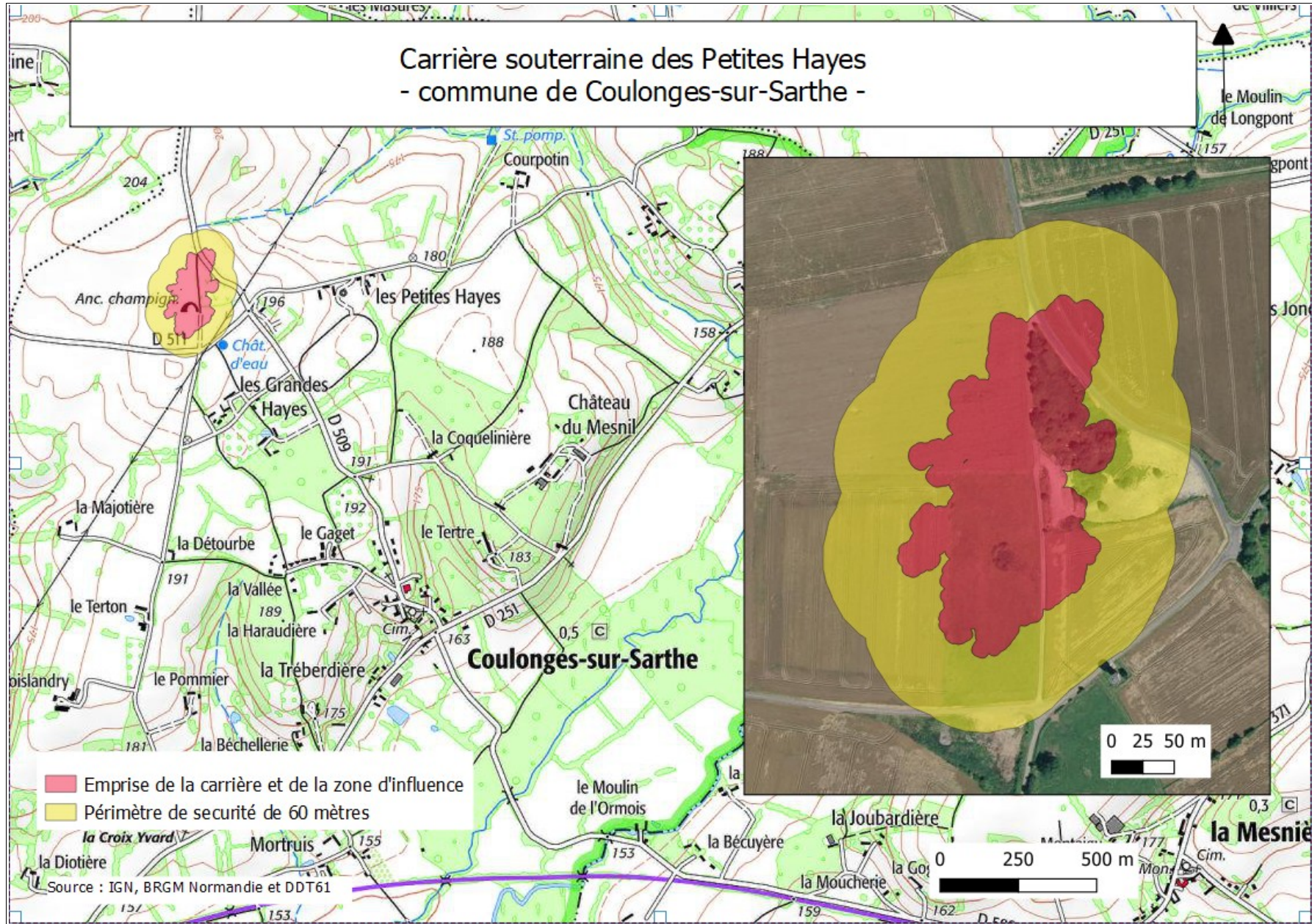
- ✓ le site du Bureau des recherches géologiques et minières :

<http://infoterre.brgm.fr/> ;

- ✓ le site des services de l'État dans l'Orne : <http://www.orne.gouv.fr/prevention-et-gestion-des-risques-naturels-et-r425.html>.

Annexe 1 : emprise de la carrière et périmètre de sécurité

Carrière souterraine des Petites Hayes - commune de Coulonges-sur-Sarthe -



Annexe 2 : extrait de l'évaluation des risques liés au vieillissement des carrières souterraines abandonnées du Calvados et de l'Orne – année 2018 -2020 - BRGM

COULONGES-SUR-SARTHE (61) – Carrière souterraine des « Petites Hayes »

NOM USUEL	Carrière souterraine des Petites Hayes
DEPARTEMENT	Orne
COMMUNAUTE DE COMMUNES	Vallée de la Haute Sarthe
N° DE CAVITE DANS LA BASE (A_INDICES_CAVITES)	n°12
ID BDCavité - BRGM	BNOAA0000263
ID BD DREAL	R25_61126P6
ETAT DE STABILITE	MEDIOCRE à MAUVAIS

1. CONTEXTE GENERAL

Dans le cadre d'un projet portant sur l'évaluation des risques liés au vieillissement des anciennes carrières souterraines abandonnées des départements de l'Orne et du Calvados (années 2018-2020), mené en partenariat avec la DREAL Normandie, le BRGM a effectué le levé géométrique et le diagnostic de stabilité de niveau 1 de la carrière souterraine abandonnée dite des « Petites Hayes », située sur la commune de Coulonges-sur-Sarthe (61). Les levés géométriques ont été réalisés les 5 et 6 août 2019, et le diagnostic de stabilité du 8 au 10 septembre 2020.

a. Situation géographique et géomorphologique

La carrière souterraine dite des « Petites Hayes » est située à l'ouest du lieu-dit éponyme, au nord du bourg de Coulonges-sur-Sarthe (Orne). Elle est accessible depuis un sentier carrossable localisé au nord au croisement des routes départementales n°509 et 511 (Illustration 1), sur la parcelle OD 0395, aux coordonnées suivantes (Lambert 93, en mètres) : X = 507 389 m ; Y = 6 829 793 m ; Z = 197 m NGF.

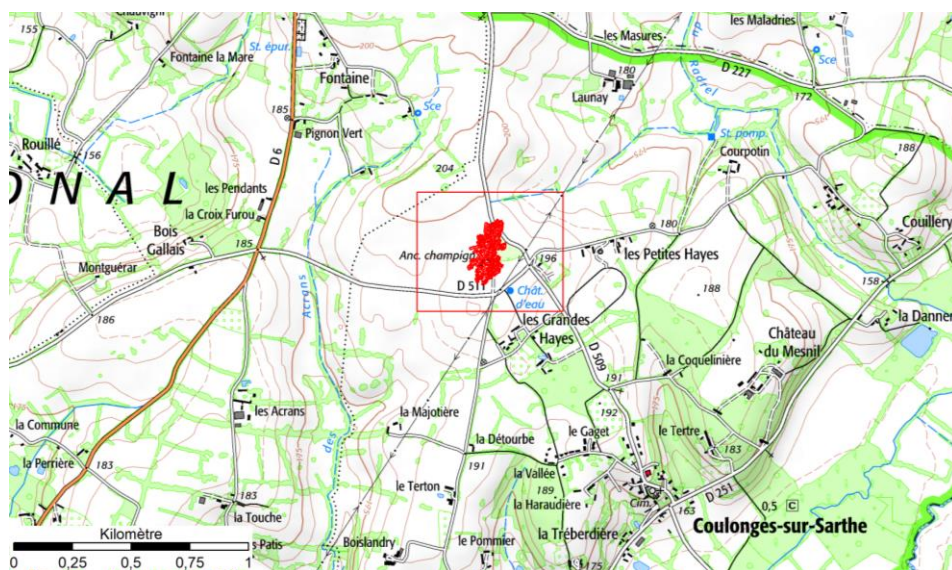


Illustration 1 : Situation de la carrière souterraine des « Petites Hayes » (rectangle rouge) sur la carte topographique du secteur (source : Scan25® de l'IGN)

D'un point de vue morphologique, la carrière est située sous un plateau tabulaire, dont l'altitude varie de 197 m à l'entrée de la carrière, à 204 m au centre. Il est entaillé au nord / nord-est et à l'ouest par de petits vallons dans lesquels circulent des ruisseaux intermittents. L'entrée de la carrière est mentionnée sur la carte IGN Scan25® du secteur.

b. Situation géologique

Les nombreuses sources bibliographiques disponibles pour la carrière des Petites Hayes permettent de bien préciser son contexte géologique. En effet, d'après la notice et la carte géologique à 1/50.000 du secteur (feuille n°252 – Mortagne-au-Perche ; *Moguedet et al.*, 1998 – Illustration 2), cette carrière souterraine est creusée dans les craies cénomaniennes, ici représentées sous deux faciès (de bas en haut) :

- La Craie Glauconieuse du Cénomaniens inférieur (c1G) : cette formation, épaisse d'environ 25 m sur la feuille de Mortagne, est caractérisée par des craies +/- sableuses ou silteuses homogènes et massives, de couleur blanc-crème, riches en grains de glauconie ;
- La Craie de Rouen du Cénomaniens moyen (c1R) : épaisse de 25 à 30 m dans le secteur, il s'agit d'une craie blanche, tendre, peu cohérente, qui peut être légèrement siliceuse, à rares silex.

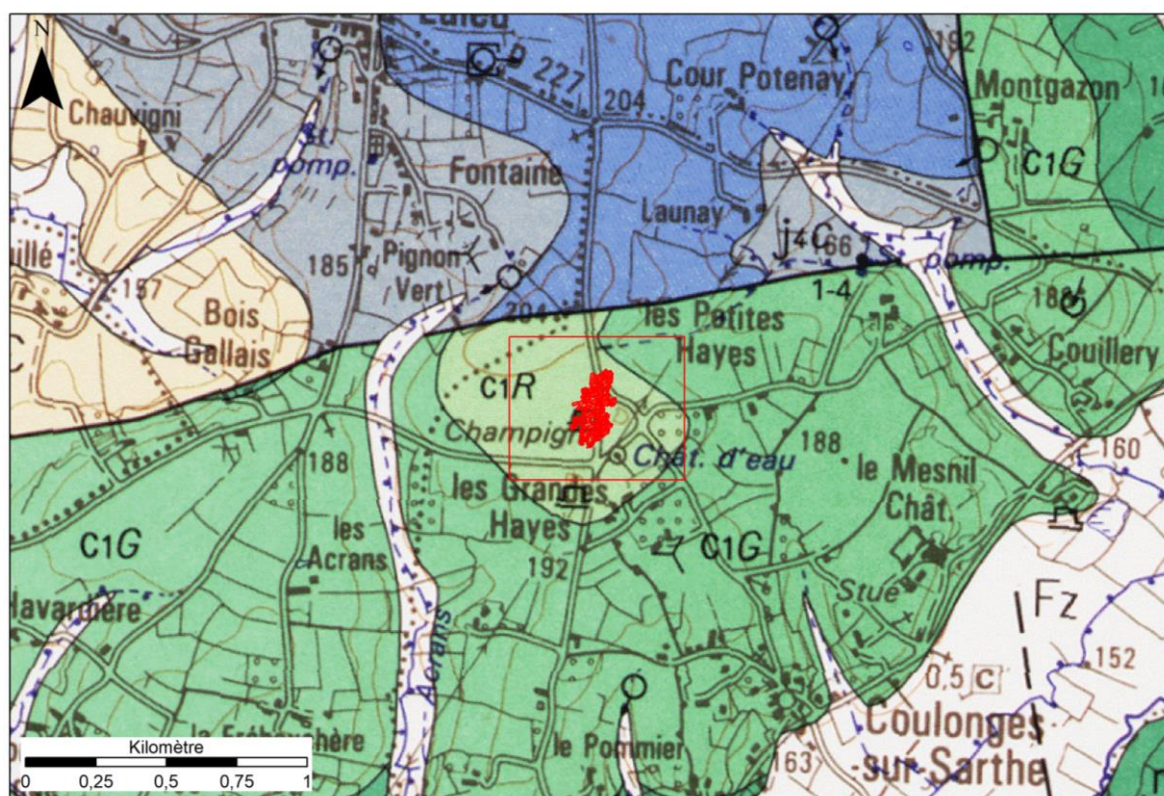


Illustration 2 : Situation de la carrière souterraine des « Petites Hayes » (rectangle rouge) sur un extrait de la carte géologique à 1/50.000 – feuille n°252 (Mortagne-au-Perche) (source : BRGM)

La coupe géologique dressée par Juignet en 1974 dans cette carrière (Illustration 3) permet d'apporter des éléments complémentaires sur la succession stratigraphique. D'après cette coupe, la Craie glauconieuse est séparée de la Craie de Rouen par une surface durcie, irrégulière, de couleur gris-verdâtre, caractérisée par de nombreux terriers très riches en grains de glauconie. Il s'agit du hardground Rouen n°1, qui marque la transition entre le

Cénomanien inférieur et le Cénomanien moyen. Ce niveau glauconieux est visible en souterrain, au sein des chutes de toit et des ébauches de cloches de fontis, puisqu'il est situé à quelques décimètres au-dessus du ciel originel de la carrière. Cette surface durcie, plus compétente, semble avoir servi de repère aux carrières lors de l'exploitation, mais sa disposition vis-à-vis du toit d'origine de la carrière semble avoir favorisé les décollements.

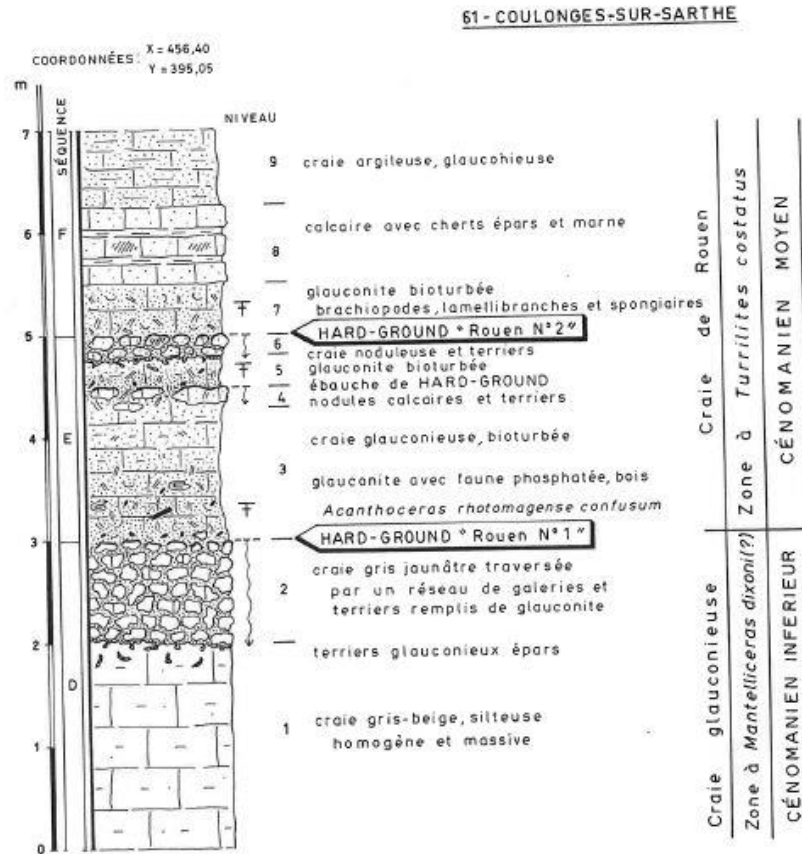


Illustration 3 : Coupe lithostratigraphique de l'intervalle Cénomanien inférieur-moyen de la carrière des Petites Hayes à Coulonges-sur-Sarthe (Juignet, 1974)

Ces formations crayeuses sont recouvertes par une mince épaisseur de terre végétale. Au contact avec la terre végétale, la craie apparaît altérée et se débite en petites plaquettes. La Craie Glauconieuse du Cénomanien inférieur repose sur la Glauconie de Base de l'Albien, caractérisée par des sables glauconieux vert foncés épais de 8 à 25 m. Cette formation qui constitue également le mur de l'aquifère de la Craie, n'est pas visible dans la carrière.

Enfin, d'un point de vue structural, la carrière se situe à environ 350 m au sud de la faille de Laleu, qui correspond à une faille normale orientée N070° à N090°, à regard vers le sud / sud-est. Il s'agit d'un accident hérité d'une structure du socle qui met en contact localement au nord de la carrière les formations sableuses du Callovien supérieur (Jurassique moyen) avec la Craie de Rouen du Cénomanien moyen (Crétacé supérieur). A noter également la présence d'une petite structure supposée orientée NNO-SSE environ, cartographiée à 1,7 kilomètres au sud-est de la carrière (Illustration 2).

c. Hydrologie / hydrogéologie du site

Les jours des visites, la carrière était sèche mais des traces d'inondations passées étaient visibles dans le secteur de l'accès (fentes de dessiccation au sol). Il s'agit toutefois d'arrivées

d'eau anciennes. Notons également des arrivées d'eau massives depuis un fontis ouvert en surface (arrivées boueuses).

Cette cavité ne semble pas située dans la zone de battement de la nappe de la Craie. Soulignons enfin la présence de quelques zones de percolation d'eau depuis le ciel de la cavité (goutte-à-goutte). Lorsqu'elles sont permanentes, ces arrivées d'eau sont à l'origine de concrétions carbonatées et de flaques boueuses au sol.

d. Connaissance préexistante des cavités

La carrière des Petites Hayes est recensée dans les différentes bases de données relatives aux cavités souterraines. Dans la base de données de la DREAL, elle est associée aux 6 indices suivants (Illustration 4) :

- R25_61126P6 : situation supposée de la carrière souterraine, d'après la carte géologique à 1/50.000 du BRGM ;
- R25_61126P8 : correspond à l'accès actuel de la carrière (observation de terrain) ;
- R25_61126P9 : correspond à l'emplacement d'un effondrement (observations de terrain) ;
- R25_61126P10 : correspond à l'emplacement d'un puits d'aérage situé dans le champ au nord de l'accès actuel (observation de terrain) ;
- R25_61126P11 : correspond à un effondrement carré, remblayé de déchets végétaux et ménagers (observation de terrain) ;
- R25_61126P12 : correspond à un effondrement moyen d'un puits d'accès, à l'est de l'entrée actuelle (observation de terrain) ;



Illustration 4 : Situation des indices bancarisés dans la base de données de la DREAL vis-à-vis du nouveau plan de la carrière des Petites Hayes

Les informations relatives aux indices R25_61126P8, P9, P10, P11 et P12 proviennent d'une enquête de terrain menée par le CETE le 10 octobre 2006 dans le cadre du « plan marnières de l'Orne » (affaire CETE 2008-12049 et 12079). Après analyse de toutes ces données, il apparaît que l'indice DREAL R25_61126P6 constitue un doublon avec l'indice R25_61126P8, puisqu'ils correspondent tous les deux à la situation de la carrière.

Dans la base de données BDCavité du BRGM, cette carrière est recensée sous l'identifiant BNOAA0000263, issu de la carte géologique à 1/50.000 du BRGM, feuille de Mortagne-au-Perche. Il correspond donc à l'indice R25_61126P6 de la DREAL.

Outre ces informations, soulignons également la présence d'un indice de carrière souterraine situé au sud / sud-ouest de l'accès actuel, référencé sous l'identifiant BNOAA0000262 dans la BDCavité du BRGM et R25_61126P5 dans la base de données DREAL. La source de la donnée est la carte géologique à 1/50.000, feuille de Mortagne-au-Perche, qui y indique la présence d'une carrière souterraine. Cet indice est mal positionné, car il s'agit très probablement de l'accès originel de la carrière des Petites Hayes, qui devait encore être accessible avant 1998, date d'édition de la carte. Nous le verrons par la suite, mais la topographie du secteur et les observations de surface plaident en la faveur de cette hypothèse.

Les deux indices BRGM (BNOAA000263 pour l'entrée actuelle et BNOAA000262 pour l'accès supposé au sud) sont donc mal positionnés vis-à-vis de la carrière. Leurs fiches ont été mises à jour dans la BDCavité à partir des nouvelles données de terrain, et les coordonnées X, Y ont été corrigées.

Enfin, la base de données nationale des mouvements de terrain (BDMvt), gérée par le BRGM, ne recense aucun phénomène à proximité de la carrière souterraine. Les investigations de surface ont toutefois permis de localiser deux effondrements localisés à environ 50 m au nord-ouest de la descenderie. Ces effondrements ont été intégrés à la base de données sous les identifiants BNOAW0039363 (effondrement n°1) et BNOAW0039364 (effondrement n°2).

e. Données historiques sur l'exploitation

Informations disponibles dans les archives

Les dates de début et de fin de la période d'exploitation de la pierre ne sont pas connues avec précision. Compte tenu de la géométrie désordonnée de la carrière, de la disposition irrégulière des piliers et du mode de creusement au pic, il doit vraisemblablement s'agir d'une exploitation ancienne, dont le démarrage remonte probablement au XVII^{ème} ou XVIII^{ème} siècle, époques où les besoins en pierre à bâtir des grands bâtiments et manoirs du secteur étaient les plus forts. En effet, cette cavité est mentionnée dans le répertoire sur « l'état des carrières en exploitation au 1^{er} décembre 1872 dans le département de l'Orne » (série S 1154 des archives départementales), dans lequel est mentionnée la date « 1700 » (Illustration 5). Outre cette information intéressante, ce document indique que la carrière souterraine de Coulonges-sur-Sarthe produisait 50 m³ de pierre de taille (calcaire tendre) utilisée dans une grande partie des églises voisines. Les pierres étaient à cette période acheminées jusqu'à la gare du Mêle-sur-Sarthe, située à 6 kilomètres de là. En 1872, la carrière comptait 4 employés. Un autre document, retrouvé dans la série S1814 des Archives départementales mais non daté, cite la carrière souterraine de Coulonges-sur-Sarthe pour l'extraction de pierre de taille de type « craie tuffeau ».

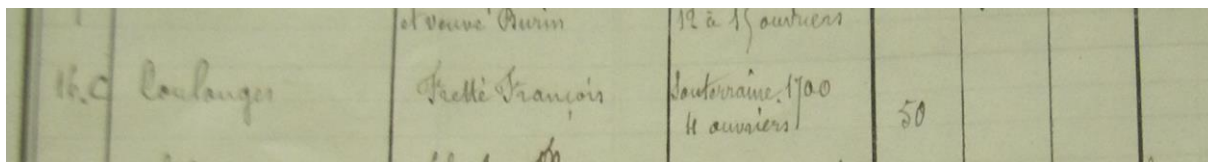


Illustration 5 : Extrait du répertoire sur l'état des carrières en exploitations au 1^{er} décembre 1872, qui mentionne la carrière souterraine de Coulonges-sur-Sarthe et une date « 1700 »

A noter également qu'en 1877, un certain M. Morière a présenté devant la société linnéenne de Normandie le fémur d'un supposé Iguanodon retrouvé dans la craie chloritée de Coulonges-sur-Sarthe (ce terme de craie chloritée étant jadis employé pour désigner la Craie glauconieuse, il est donc probable qu'il s'agisse de la carrière souterraine des Petites Hayes).

Concernant la date de fin de l'exploitation, quelques informations historiques ont été retrouvées dans les archives, ce qui permet de dater très approximativement l'arrêt de l'exploitation à la fin du XIX^{ème} siècle. En effet, l'extraction n'était visiblement plus active en 1889, puisque la carrière de Coulonges-sur-Sarthe n'apparaît pas dans le Répertoire des carrières de pierre de taille exploitées en 1889, publié en 1890 par le ministère des travaux publics.

Cette carrière a ensuite été utilisée comme champignonnière après la Seconde Guerre mondiale (Guichard, 2006). De nombreux sacs de culture sont encore visibles en souterrain. Aucune information n'a été retrouvée sur la date d'arrêt de la culture des champignons.

Photographies aériennes anciennes

L'entrée actuelle de la carrière des Petites Hayes est visible sur toutes les photographies aériennes disponibles (depuis 1947 – <https://remonterletemps.ign.fr/>). A noter que les clichés de 1947 ont été réalisés à grande échelle, ce qui permet d'avoir un niveau de détail élevé (cf. Illustration 6). On y distingue une zone « perturbée » au sud de l'actuelle RD511, ainsi qu'une dépression pseudo-circulaire entre cette zone « perturbée » et l'entrée actuelle. Enfin, on y voit la zone en dépression située à l'est de l'entrée, également mentionnée sur la carte IGN de l'époque (cf. infra).

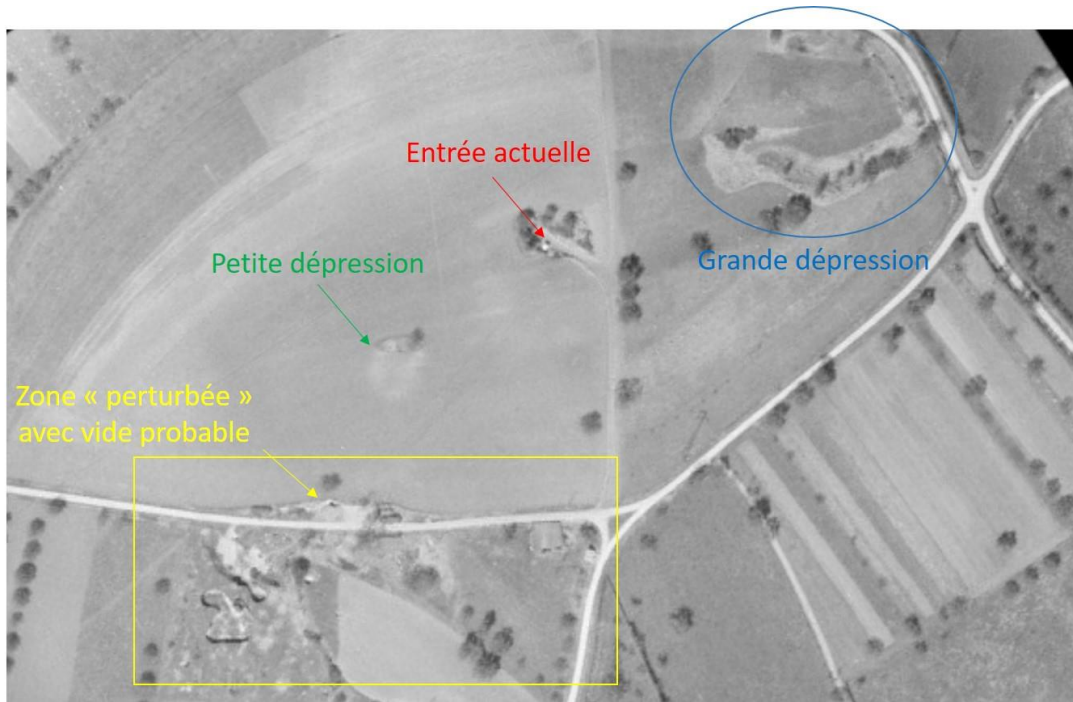


Illustration 6 : Photographie aérienne de 1947 annotée (le nord est en haut) (source : <https://remonterletemps.ign.fr>)

Autres sources cartographiques (plans anciens etc.)

Les cartes topographiques de 1950, ainsi que l'ancienne version de la carte IGN Scan25®, disponible sur le site internet Géoportail de l'IGN (www.geoportail.gouv.fr), situent une large cuvette d'affaissement à une centaine de mètres à l'ouest de l'actuelle descenderie (Illustration 7). D'après la carte actuelle (2015), cette dépression est occupée par une « lande ligneuse ». Sur le terrain, il s'agit plutôt d'une friche. L'origine de cette cuvette, qui semble endoréique, n'est pas connue, mais pourrait correspondre à un ancien effondrement généralisé. Les observations réalisées en souterrain plaident en faveur de cette hypothèse (cf. chapitre 3).

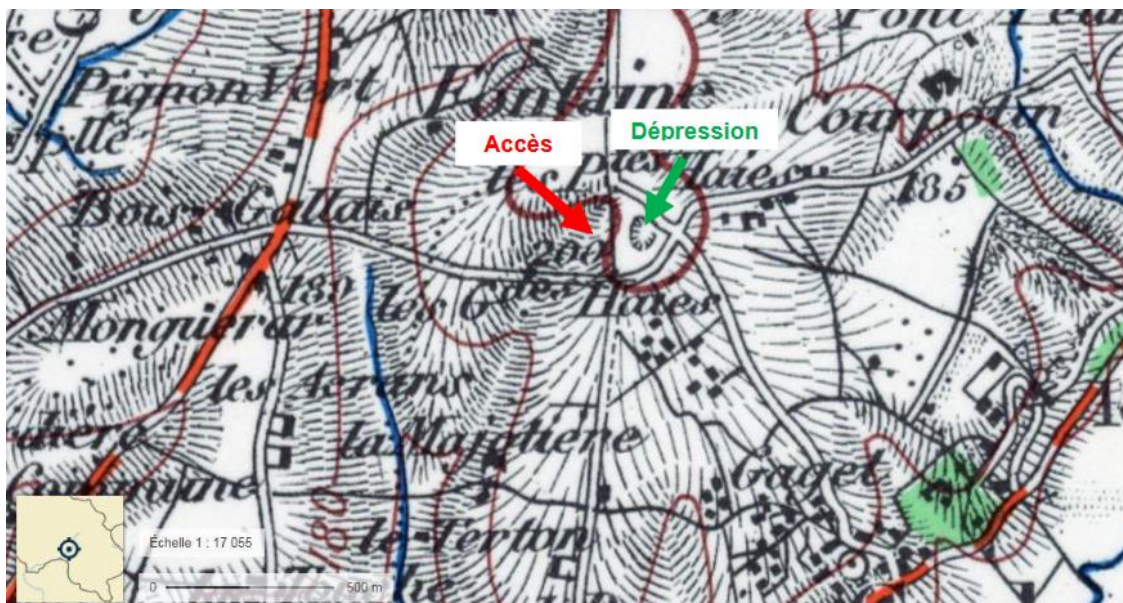


Illustration 7 : Situation de l'accès actuel de la carrière souterraine vis-à-vis d'une dépression signalée sur la carte topographique de 1950 (source : www.georisques.gouv.fr)

Le premier plan connu de la carrière date de 2008. Il a été réalisé par le cabinet de géomètres-experts AGETHO CONSEILS, à l'échelle du 1/500, pour le compte du Conservatoire des Espaces Naturels de Normandie (Illustration 8).

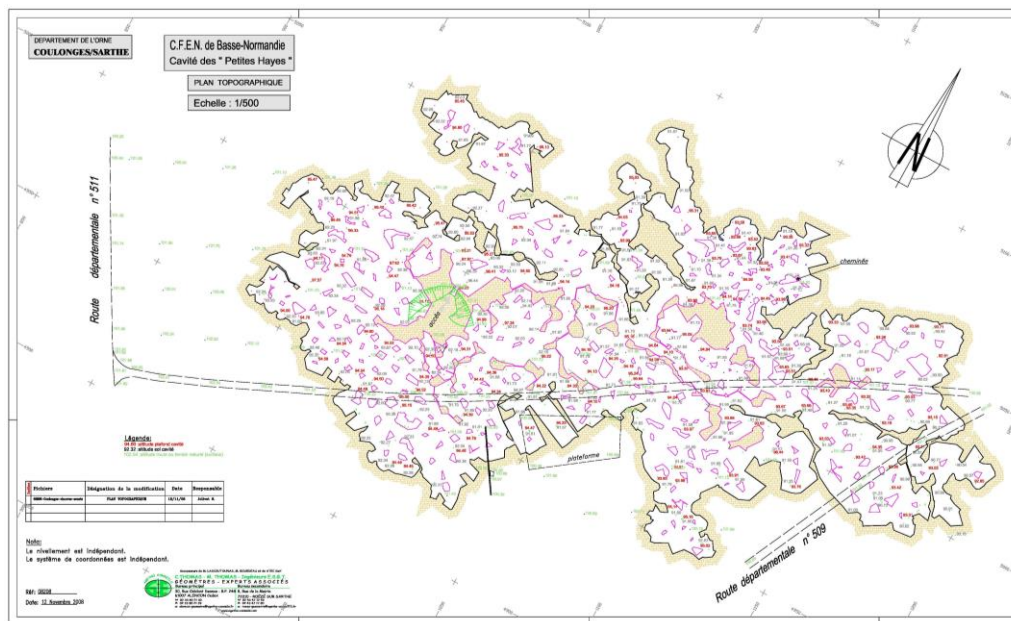


Illustration 8 : Plan de la carrière souterraine des Petites Hayes, dressé par le cabinet de géomètres-experts AGETHO CONSEILS en 2008

2. ENVIRONNEMENT DE LA CARRIERE SOUTERRAINE

a. Environnement de surface / enjeux

La cartographie des vides accessibles, réalisée en 2008 et complétée / précisée par le BRGM en 2019, permet de situer les enjeux sous-cavés. Il s'agit notamment (Illustration 9) :

- D'une portion d'une cinquantaine de mètres de la route département n°509 ;
- Du chemin carrossable qui relie la RD511 à la RD509 ;
- Des terres agricoles situées sur les parcelles OD 0390 (labours), OD 0394 (labours), OD 0395 (prairie), OD 0396 (prairie), OA 0203 (labours) et OA 0268 (labours)
- De la « friche » située sur les parcelles OA 0177 et OA 0202.

A noter qu'il ne s'agit là que des enjeux sous-cavés par les vides connus et cartographiés. Si l'on considère les informations historiques et les observations réalisées en surface (Illustration 10) et en souterrain, il est certain que des continuités existent, notamment vers le sud, le nord et l'est. L'emprise actuellement visitable ne constituant qu'une partie de l'emprise originelle. Il est donc fort probable que la route départementale n°511 soit sous-cavée par des galeries aveugles aujourd'hui inaccessibles (cf. Illustration 9 – rectangles rouges).

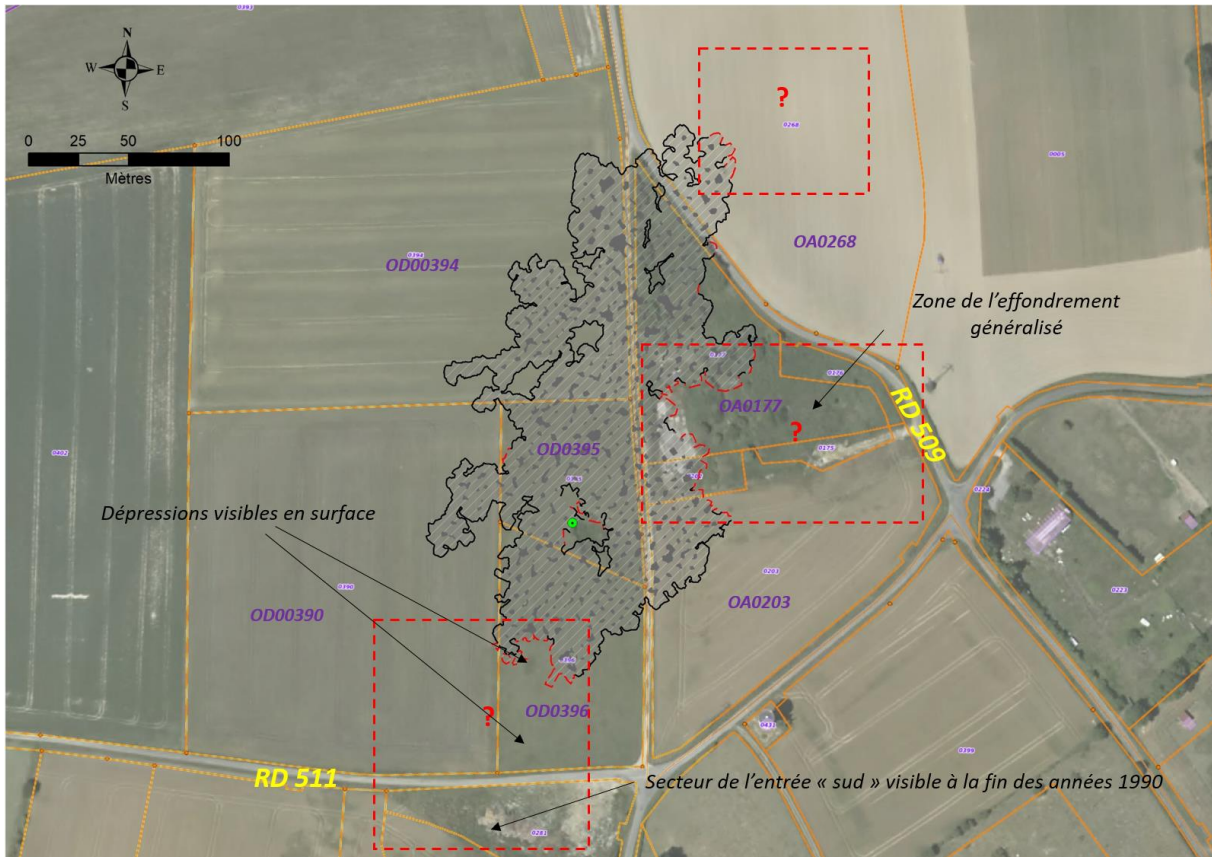


Illustration 9 : Environnement de surface et enjeux identifiés au droit de la carrière des Petites Hayes sur l'orthophotographie et le cadastre (IGN). Les limites en pointillés rouges correspondent à des zones éboulées ou remblayées en souterrain aboutissant de manière plus ou moins certaine à d'autres parties de la carrière (rendues par conséquent inaccessibles en l'état). Les rectangles rouges situent ces zones d'extensions supposées.



Illustration 10 : Indices de surface identifiés au-delà des limites cartographiées en souterrain, ce qui témoigne de l'emprise originelle de la cavité, plus vaste que ce qui est actuellement accessible

Le secteur situé à l'emplacement de l'ancien effondrement généralisé est actuellement occupé par une friche.

Enfin, cette cavité est régulièrement visitée par les membres du Groupe Mammalogique Normand et du Conservatoire des Espaces Naturels dans le cadre du suivi des populations de chauves-souris, ce qui constitue donc un enjeu.

b. Présence de chiroptères

D'après le Conservatoire des Espaces Naturels de Normandie, la carrière des Petites Hayes est reconnue comme étant le troisième site régional pour l'hibernation des chauves-souris (effectif total), puisqu'entre 200 et 350 individus de 10 espèces différentes (sur les 21 présentes en ex-Basse-Normandie) y hibernent chaque hiver (source : Conservatoire des Espaces Naturels de Normandie). C'est pourquoi ce site a été retenu par l'Union Européenne en 2007 pour intégrer le réseau Natura 2000 sur le nom de « Ancienne champignonnière des Petites Hayes » (identifiant FR2502008).

c. Informations diverses

Les zones « nord », « est » et « sud » de la carrière souterraine des « Petites Hayes » n'ont pas pu être visitées et cartographiées. En effet, les accès à ces secteurs sont murés ou effondrés. Les vides cartographiés ne reflètent donc pas l'étendue totale de la carrière originelle, beaucoup plus vaste.

A l'intérieur de la carrière, de nombreuses traces de visites récentes sont visibles (graffitis, bouteilles, etc). Ces intrusions se sont produites avant 2019, date à laquelle a été posée une nouvelle grille d'accès sécurisée.

Par ailleurs il peut être noté que les bruits de passages de véhicules sont audibles lorsque l'on se situe en souterrain à proximité de la RD509.

Ce site est référencé dans l'inventaire géologique de Normandie sous l'identifiant BNO0067, avec un intérêt patrimonial d'une étoile sur 3 : http://www.apgn.fr/apgn/carte_site/fic_s61_67.pdf

3. INSPECTION DES SOUTERRAINS / DIAGNOSTIC DE STABILITE

a. Rappel des méthodes employées

Les levés géométriques ont été réalisés par le BRGM les 5 et 6 août 2019, préalablement aux travaux de sécurisation de l'entrée (cf. infra). La méthode employée est celle du scanner laser portatif « ZEB-REVO » avec un protocole expérimental développé par le BRGM (cf. rapport méthodologie). Les nuages de points obtenus ont été géoréférencés à partir de repères en surface, positionnés au GPS avec une précision centimétrique. Ces levés ont permis d'élaborer un plan de détail de la carrière, qui complète et précise celui dressé par le cabinet de géomètres-expert Agetho Conseils en 2008. En outre, les levés 3D ont été utilisés pour réaliser les plans des hauteurs de vides, de l'altitude du plancher et du toit de la carrière.

Les visites pour effectuer le diagnostic de stabilité ont été effectuées du 8 au 10 septembre 2020, soit quelques semaines après la finalisation des travaux de sécurisation de l'accès (cf. infra). Le diagnostic est de niveau 1 suivant le IFSTTAR (2014) et la méthode employée est détaillée dans le chapitre 4 du corps de texte principal du rapport.

b. Accès – géométrie – type d'exploitation

La carrière des Petites Hayes est accessible depuis une descenderie située le long d'un chemin carrossable qui relie les routes départementales n°509 et 511, sur la parcelle privée OD 0395. Il s'agit du seul accès connu. Il est actuellement fermé par une grille massive, installée depuis plusieurs années par le Conservatoire des Espaces Naturels et le Groupe

Mammalogique Normand pour la tranquillité des chiroptères (Illustration 11). L'accès a fait l'objet de travaux de sécurisation en 2019-2020 (cf. rapport BRGM/RP-68965-FR).



Illustration 11 : Vue sur l'entrée de la carrière des Petites Hayes

Cet accès ne correspond vraisemblablement pas à l'accès d'origine de la carrière, qui d'après les documents historiques et les observations de terrain, devait se situer au sud de la route départementale n°511. La descendrie actuelle a probablement été aménagée par les champignonnistes au sein d'un ancien effondrement généralisé.

Il s'agit d'une carrière souterraine exploitée selon la méthode des « chambres et piliers tournés », pour l'extraction de pierre de taille, et probablement également pour la production de marne pour l'amendement des terres agricoles. L'extraction des matériaux a été réalisée manuellement au pic, dont les traces sont encore parfaitement visibles au toit, sur les piliers et les parements. La géométrie de la carrière est désordonnée, avec des piliers disposés de façon anarchique et qui présentent des tailles et des géométries assez variables. Cette géométrie, ainsi que la technique de creusement utilisée (pic), témoignent d'une exploitation ancienne, qui s'est achevée à la fin du XIX^{ème} siècle.

Notons que cette carrière dispose de 4 puits d'aération, encore ouverts et visibles en surface. La position de ces puits a été levée au GPS centimétrique pour servir de repère pour le calage du nuage de points 3D.

Les données géométriques principales à retenir concernant cette carrière souterraine sont les suivantes :

- Nombre d'accès : **1** (accès sécurisé)
- Nombre de niveau(x) : **1**
- Nombre de puits ouverts en surface : **4** (dont 1 non accessible en souterrain)
- Nombre de piliers : **413**
- Superficie des vides (*surface exploitée*) : **20 800 m²**
- Taux de défrètement moyen (*rapport entre les vides et la surface totale*) : **91 %**
- Hauteurs de vides : **0 – 7,8 m** (moyenne : 2,2 m)

- Volume approximatif : **de l'ordre de 45 000 m³**
- Epaisseur de recouvrement : **0,5 – 11 m** (moyenne : 6,5 m)



Illustration 12 : « Paysage » typique de la carrière souterraine des Petites Hayes

c. Etat géotechnique

D'un point de vue général, l'état de stabilité de la carrière souterraine peut être qualifié de **médiocre** à **mauvais** selon les secteurs, dans la mesure où bien que la majorité des piliers soient en bon état, les instabilités de toit « évoluées », de type cloches de fontis ou ébauches de cloches de fontis, susceptibles de générer des désordres en surface, sont nombreuses et ont pu être observées dans plusieurs galeries. A noter également que cette carrière semble avoir été à l'origine d'un effondrement généralisé dans le passé. Enfin, la densité de fractures naturelles ou mécaniques, qui délimitent parfois des instabilités isolées ou des décollements de 1^{er} banc potentiellement dangereux pour les intervenants en souterrain.

Etat des piliers

Sur les 413 piliers identifiés et décrits dans la carrière des Petites Hayes, la majorité (306) sont dans un bon état géotechnique et n'amènent à aucun commentaire particulier. Les autres piliers sont soit traversés par d'importantes diaclases naturelles, soit affectés de fractures mécaniques. Parmi ces piliers fracturés mécaniquement, une douzaine présentent un état géotechnique très dégradé (piliers très fracturés et/ou en diabolo – Illustration 13). La fracturation mécanique de ces piliers traduit leur sous-dimensionnement vis-à-vis des contraintes mécaniques exercées par les terrains de recouvrement. Ils constituent des points de faiblesse dans la carrière, puisque leur ruine entrainerait très probablement d'importants désordres en surface (effondrement généralisé, affaissements). Toutefois, ces piliers sont généralement isolés et limitrophes de piliers visiblement « sains ».

Aucun pilier en état de post-rupture n'a été observé, mais il n'est pas exclu que certaines grandes instabilités de toit puissent avoir pour origine la ruine d'un ou plusieurs piliers de soutènement. C'est le cas par exemple de la très grande zone effondrée qui limite l'extension orientale des vides (D59), ou encore les instabilités D91 et D96 qui limitent l'extension des galeries vers le sud (cf. plan détaillé du diagnostic). C'est probablement le cas également pour l'instabilité dans laquelle a été installée l'entrée actuelle (instabilité D66).



Illustration 13 : Exemples de trois piliers très fracturés mécaniquement (à gauche : P139 et à droite, P324, en bas : P134)

Etat de la voûte

L'examen de la voûte a mis en évidence 96 instabilités de type décollements de 1^{er} banc, chutes de toit, ébauches de cloches de fontis (chutes de toit multiples) ou cloches de fontis. Les instabilités les plus importantes sont situées dans la partie Est, Sud et centrale de la carrière. Il s'agit :

- De la grande zone d'instabilité « Est » (instabilité D59) qui correspond à une très large zone effondrée / éboulée (plusieurs centaines de m²), inaccessible en souterrain (Illustration 14). Cette instabilité majeure limite donc la progression vers l'est ce qui masque probablement des extensions dans cette direction. Elle est associée à deux cloches de fontis ayant atteint en surface (instabilités D74 et D75). Cette très grosse instabilité se situe au droit de la dépression endoréique mentionnée sur la carte topographique des années 1950, ce qui confirme la thèse de l'effondrement généralisé. Cette zone est actuellement occupée par une friche ;
- La grande instabilité « Sud » (comprenant les instabilités nommées D91 et D96 sur le plan détaillé du diagnostic), qui correspond également à une zone effondrée inaccessible en souterrain de plusieurs centaines de m², ce qui limite la progression vers le sud (vers le probable accès d'origine, situé au sud de la RD511). En surface, l'emplacement de cette instabilité coïncide à peu près à la « petite dépression » identifiée sur la photographie de 1947 et toujours visible sur les photos aériennes actuelles (cf. Illustration 6 et Illustration 10) ;

- La grande instabilité « centrale » (nommée D66), dans laquelle a été créée l'actuelle descenderie. Elle est caractérisée en souterrain par une vaste chambre circulaire de 3 à 3,5 m de hauteur, pour environ 12 m de diamètre. Le sol y est constitué par un épais cône d'éboulis composé de blocs de craie métriques à décamétriques, sur lequel il faut cheminer pour rejoindre les galeries (Illustration 15). Cette large instabilité de toit est marquée sur ses bordures par d'importants décollements (ouverture pluricentimétrique), ce qui présente un danger pour les intervenants en souterrain. A noter que cet accès a fait l'objet de travaux de sécurisation en 2019-2020, avec notamment la mise en place d'un nouveau pilier de soutènement au centre de la grande salle. L'objectif étant de réduire les portées pour améliorer la stabilité. Au droit de l'entrée, les épaisseurs de recouvrement sont très faibles, comprises entre 2 et 3 m.

Ces instabilités majeures ont donc généré d'importants désordres en surface. Elles sont probablement liées à la ruine simultanée de plusieurs piliers de soutènement suivies de la rupture du toit (processus d'effondrement généralisé).



Illustration 14 : A gauche, vue sur les limites du cône d'éboulis associé à la grande instabilité D59 et à droite, éboulis associés à l'instabilité D91



Illustration 15 : Panorama de la grande salle située à l'entrée de la carrière (photo prise avant la création du nouveau pilier de soutènement). Les importants décollements situés en périphérie de cette instabilité sont repérés par des flèches rouges

Trois autres instabilités de toit, plus petites, ont généré des désordres en surface. Il s'agit :

- des fontis D45, D46 pour lesquels les cratères d'effondrements (1,5 m de diamètre environ pour plus de 4 m de profondeur) sont toujours visibles et ouverts en surface, à la limite des parcelles OD 0390 et OD 0395 (Illustration 16) ;

- le fontis D73, d'environ 2 m de diamètre, ouvert dans l'angle sud-ouest de la parcelle OA 0202 et remblayé gravitairement depuis la surface par des détritiques divers. Compte tenu de sa disposition dans la carrière et de la présence de matériaux argileux bruns dans le cône d'éboulis, il est probable que cet effondrement soit lié au débouffage d'un puits karstique vertical comblé d'argile. D'autres phénomènes de ce type en cours de remontée vers la surface ont d'ailleurs été observés dans la carrière, comme l'instabilité D71 située à une trentaine de mètres au nord de D73, ou la cloche de fontis D61 située à l'extrémité orientale du réseau ;

Il est important de souligner que ces instabilités se sont déclarées après l'exploitation de la carrière par les champignonnistes, puisque les cônes d'éboulis recouvrent les sacs de culture.



Illustration 16 : Vue sur les deux effondrements localisés associés aux fontis D45 et D46



Illustration 17 : Exemple d'une cloche de fontis liée au débouffage d'un conduit karstique vertical (ici instabilité D61)

Outre ces fontis, le ciel de la carrière des Petites Hayes est marqué par la présence de 5 amorces de cloches de fontis. Il s'agit de larges zones d'instabilités formées par les chutes de toit successives (sans toutefois atteindre le stade plus évolué de « cloche de fontis »). Elles sont essentiellement situées dans la moitié sud de la carrière. Au droit de ces instabilités, les épaisseurs de recouvrement sont faibles, de 2 m à 5 m. Il s'agit (par ordre d'importance) :

- Instabilité D85 : située au sud de la carrière, elle correspond à une zone de chutes de toit multiples de 13 m de diamètre. Elle est associée à de nombreux décollément en périphérie et à des fractures mécaniques. Au centre de cette instabilité, les épaisseurs de recouvrement sont réduites à 2 m. Elle sous-cave la prairie située sur la parcelle OD 0396 ;
- Instabilité D88 : située dans la partie sud-ouest de la carrière, cette ébauche de cloche de fontis mesure 20 m de long pour 8 m de large. Au centre de cette instabilité, le toit est marqué par de grosses fractures mécaniques, et les bordures par d'importants décolléments de 1^{er} banc. Les piliers situés sur son bord ouest sont fracturés mécaniquement. Les épaisseurs de recouvrement au droit de cette instabilité sont réduites à 2,3 m environ. Elle sous-cave la prairie située sur la parcelle OD 0396 ;
- Instabilité D90 : il s'agit d'une ébauche de cloche de fontis de 15 m de long pour 4 m de large, située à l'extrémité sud de la carrière, en bordure de la grande instabilité « sud ». Le bord nord de cette instabilité est marqué par la présence d'importants décolléments de 1^{er} banc. Au centre, les épaisseurs de recouvrement sont réduites à 3,5 m. Elle sous-cave la prairie située sur la parcelle OD 0396 ;
- Instabilité D68 : cette instabilité est caractérisée en souterrain par une grande salle circulaire de 8 m de diamètre pour 5 m de hauteur de vide. Le toit est marqué par quelques fractures mécaniques. Contrairement aux autres instabilités citées ci-dessus, aucun éboulis n'est visible au sol. Il s'agit donc d'un phénomène ancien. Au droit de cette instabilité, les épaisseurs de recouvrement sont réduites à 3,4 m. Elle sous-cave la prairie située sur la parcelle OD 0396 ;
- Instabilité D54 : située au nord-est de la carrière, elle correspond à une ébauche de cloche de fontis de 12 m de diamètre, dont les éboulis limitent l'accès à une galerie orientée vers l'est. Au droit de cette instabilité, les épaisseurs de recouvrement sont de 5 m. Elle sous-cave la friche située sur la parcelle OA 0177.



Illustration 18 : Vue sur l'ébauche de cloche de fontis D85, au droit de laquelle les épaisseurs de recouvrement sont réduites à 2 m

Les chutes de 1^{er} banc de toit sont visibles en de nombreux endroits de la carrière. La plupart du temps, ces instabilités sont délimitées par des fractures naturelles (diaclasses ou conduits karstiques). En fonction de la présence ou non d'éboulis au sol, il est possible de différencier les chutes de toit antérieures à l'exploitation de la carrière par les champignonnistes (absence d'éboulis au sol), de celles contemporaines ou postérieures à cette activité (Illustration 19).

Dans ce dernier cas, les éboulis recouvrent les sacs de culture. Ainsi, 44 instabilités sur les 74 chutes de 1^{er} banc de toit observées se sont déclarées après l'arrêt de l'abandon définitif de la cavité. Ces instabilités se stoppent généralement sur le niveau induré glauconieux associé au HG Rouen n°1. Parmi ces instabilités, 3 sont à surveiller car situées à l'aplomb ou aux abords immédiats de la route départementale n°509. Il s'agit de :

- La chute de toit D9, qui correspond à une instabilité antérieure à l'exploitation de la carrière par les champignonnistes, car elle n'est pas associée à la présence d'éboulis au sol. L'épaisseur de recouvrement au droit de cette instabilité est de 7 m ;
- La chute de toit D12, dont l'occurrence est antérieure à la période de culture des champignons. L'épaisseur de recouvrement au droit de cette instabilité est de 6,5 m ;
- La chute de toit D13, dont les éboulis recouvrent les sacs de culture. L'épaisseur de recouvrement au droit de cette instabilité est de 6,5 m ;



Illustration 19 : Exemple d'une chute de toit postérieure à l'exploitation des champignons, dans la mesure où les éboulis recouvrent les sacs de culture

Les zones de décollements de 1^{er} banc de toit sont nombreuses. Elles sont la plupart du temps situées en bordure d'instabilités plus évoluées, comme les chutes de toit ou les ébauches de cloches de fontis. A l'instar des zones de chutes de 1^{er} banc, ces instabilités ne sont pas susceptibles d'engendrer des désordres en surface à court ou moyen terme, mais elles constituent un danger potentiel pour les intervenants en souterrain.

Fracturation

Le ciel de la cavité est marqué par un réseau dense de diaclases et de conduits karstiques, orientés N-S (N005° à N020° environ) ou E-O (N100°). Dans de nombreux cas, ces fractures délimitent les instabilités de toit, notamment dans les zones de croisement. Enfin, les conduits karstiques peuvent être ponctués de « puits » verticaux remplis d'argile, dont le débouillage peut occasionner des remontées de cloches de fontis (exemple des instabilités D61 et D71 et probablement D73).



Illustration 20 : Exemple d'une chute de 1^{er} banc de toit délimitée par une diaclase naturelle argilisée (instabilité D43)

Etat de l'entrée

Le front de taille au niveau de l'entrée est concerné par la présence de petites blocs instables, de taille centimétrique à décimétrique, qui peuvent présenter un danger pour un intervenant non équipé d'EPI (casque en particulier)

Etat des puits

Trois puits d'aéragé ont été observés en souterrain. Ils sont nommés P1, P2 et P3 (cf. plan détaillé du diagnostic). Les puits P1 et P3 semblent ouverts mais n'ont pas été observés en surface, car P1 est situé dans un champ qui était cultivé le jour des visites, et P3 est situé dans une zone de broussailles difficile d'accès. A noter que P1 est bien visible sur les photographies aériennes du secteur. Le puits P2 est ouvert en surface et a été observé. Il est équipé d'une tête de béton (cf. Illustration 21). Sans autre information, ces aménagements paraissent stables vis-à-vis du phénomène de rupture de tête de puits.

A noter également qu'un quatrième puits a été identifié en surface, dans la zone supposée de l'effondrement généralisé (puits P4 sur le plan détaillé des désordres). Ce puits est sécurisé par d'imposants barreaux d'acier, vraisemblablement pour laisser passer les chauves-souris. Ce puits n'a pas été observé en souterrain car il est situé dans une zone inaccessible (éboulée).



Illustration 21 : A gauche, vue sur le puits P2 et à droite, vue sur le puits P4 sécurisé en tête mais inaccessible en souterrain

4. POINTS SENSIBLES ET ZONES DE DANGER

Les levés géométriques et les observations en souterrain ont tout d'abord permis d'identifier des zones inaccessibles, remblayées ou éboulées pour lesquelles il est actuellement très difficile de procéder à une évaluation fiable des dangers. C'est le cas notamment au Sud et à l'Est du réseau, où la progression est stoppée par de très grandes instabilités, ayant probablement générées dans le passé des effondrements généralisés. Les cônes d'éboulis associés à ces instabilités bloquent l'accès à des galeries aujourd'hui aveugles. A l'heure actuelle, l'état de stabilité de ces vides n'est pas connu, mais compte tenu de l'état de stabilité moyen du reste du réseau, il n'est pas exclu qu'elles puissent héberger des instabilités susceptibles d'engendrer des désordres en surface.

Le diagnostic de stabilité de la carrière souterraine des Petites Hayes a mis en évidence plusieurs ébauches de cloches de fontis susceptibles d'engendrer des désordres en surface à plus ou moins court terme. Il s'agit notamment des instabilités D85 et D88 au niveau desquelles les épaisseurs de recouvrement sont parfois réduites à moins de 2 m. Toutefois, les enjeux en surface sont limités puisque ces instabilités sous-cavent une surface occupée par une prairie.

L'état des piliers est globalement bon, hormis quelques piliers isolés très fracturés mécaniquement. La ruine de ces piliers entrainerait très probablement l'occurrence d'instabilités de toit volumineuses et susceptibles de remonter en surface. Ces piliers instables constituent donc des points sensibles qu'il conviendra de surveiller.

Enfin, le ciel de la carrière est marqué par de nombreux décollements de 1^{er} banc de toit ou d'instabilités isolées (écaillages, blocs instables). A l'heure actuelle, ces instabilités ne sont pas susceptibles d'engendrer des désordres en surface, mais elles constituent des dangers potentiels pour les intervenants en souterrain. Il est en effet important de souligner que la majorité des chutes de toit identifiées se sont déclarées postérieurement à l'exploitation de la carrière comme champignonnière. Cela traduit une certaine « activité » du ciel des galeries.

Aucune instabilité susceptible d'engendrer des mouvements de terrain en surface n'a été observée sous la route département n°509.

5. PLAN DETAILLE DU DIAGNOSTIC – RELEVÉ DES DESORDRES

L'ensemble des observations effectuées dans la cavité ont été compilées sur le plan en Illustration 23. La légende de ce plan est présentée ci-dessous (Illustration 22)

Informations géométriques	Etat qualitatif des piliers	Instabilités ponctuelles (blocs / écaillés)
● Accès	■ Etat de post rupture	▲ Centimétrique
— Contour fini (front de taille)	■ Pilier en diabolo ou très fracturé	▲ Décimétrique
- - - Extension probable	■ Fracturé ou écaillé	▲ Métrique
— Murs maçonnés / cloisons	■ Sain	▲ Décamétrique
■ Emprise (surface de vides)	Instabilités de toit	Observations diverses
■ ZONES de remblais	■ Fontis ouvert en surface	B Blocs au sol
Informations géographiques	■ Cloche de fontis	inf Suintements / infiltrations d'eau
— Courbes de niveau (5 m - NGF)	■ Ebauche de cloche de fontis	Ca Concrétions carbonatées liées à des infiltrations récurrentes
— Courbes de niveau (1 m - NGF)	■ Chute de 1 ^{er} banc de toit	K Conduit karstique
	■ Décollement de 1 ^{er} banc	R Racines végétales ou radicelles
	■ Zone d'instabilités diffuses	! Autre élément remarquable
	Fractures	? Secteur de cavité non accessible car remblayée / effondrée / ennoyée etc.
	— Conduit karstique	
	— Diaclase	
	— Fractures mécaniques	

Illustration 22 : Légende du plan du diagnostic

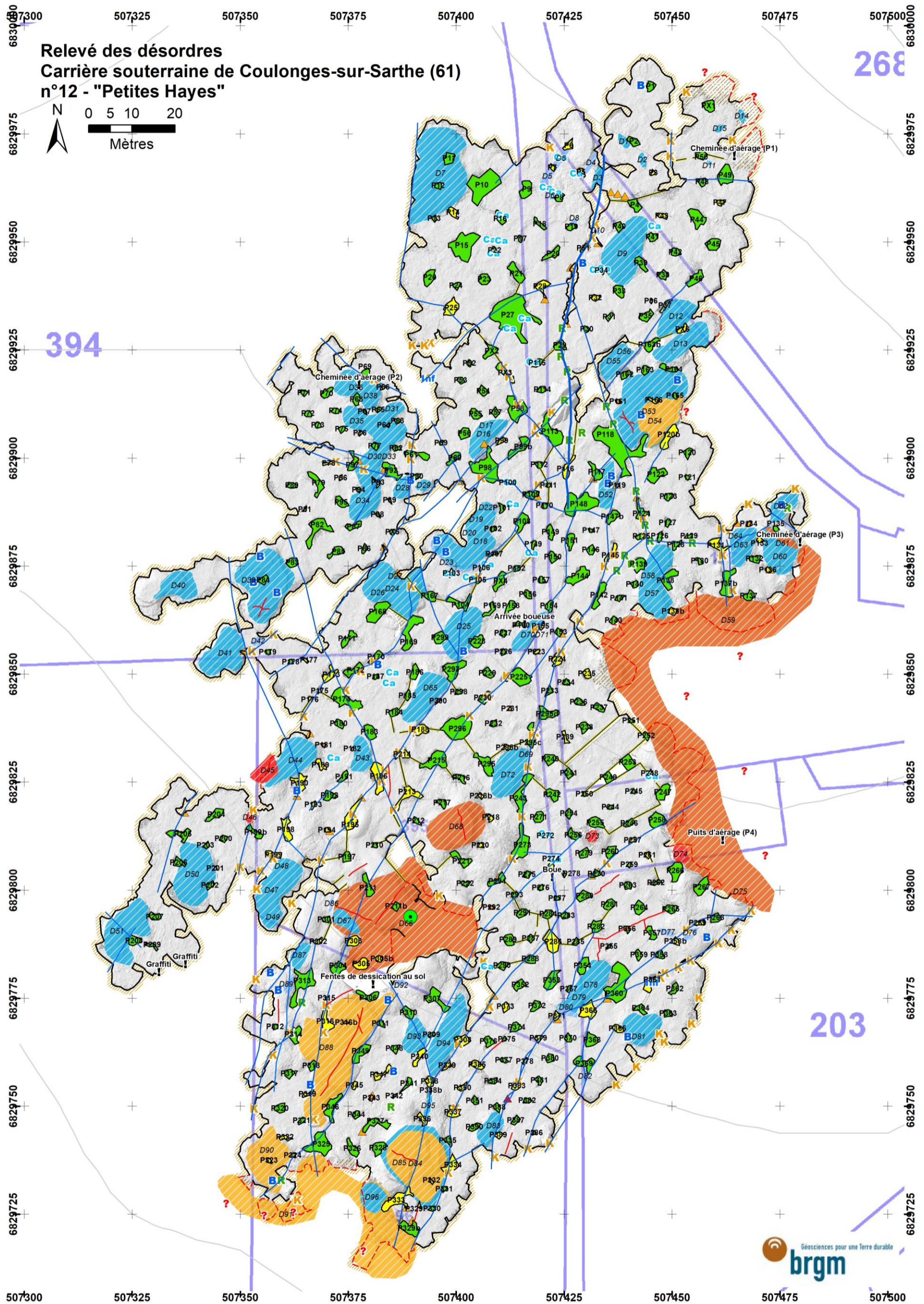


Illustration 23 : Plan de relevé des désordres de la carrière souterraine de Coulonges-sur-Sarthe « Petites Hayes » (n°12)

6. SYNTHÈSE, CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Dans le cadre d'un projet portant sur l'évaluation des risques liés au vieillissement des carrières souterraines abandonnées de l'Orne et du Calvados (années 2018-2020), le BRGM a réalisé le plan de détail et le diagnostic de stabilité (niveau 1) de la cavité des Petites Hayes, située sur la commune de Coulonges-sur-Sarthe (Orne).

Il s'agit d'une carrière souterraine de pierre de taille, creusée au pic selon la technique des chambres et piliers, pour l'exploitation de la Craie Glauconieuse du Cénomaniens inférieur. L'accès se fait depuis une descenderie située le long d'un chemin carrossable. Il est fermé par une grille massive installée par le Conservatoire des Espaces Naturels pour la tranquillité des chiroptères.

L'emprise actuellement accessible de la carrière sous cave essentiellement des terres agricoles, ainsi qu'une portion de la route département n°509 (au moins sur une cinquantaine de mètres). Il ne s'agit toutefois pas de l'emprise originelle de la carrière, qui était plus étendue mais dont les extensions sont actuellement inaccessibles. D'autres enjeux sont donc probablement sous-cavés (notamment la route département n°511 située au sud).

L'état géotechnique général de cette carrière est généralement **médiocre à mauvais** selon les secteurs, dans la mesure où bien que la majorité des piliers soient sains, l'inspection du ciel des galeries a mis en évidence la présence de larges zones d'instabilités, dont certaines sont susceptibles d'engendrer des désordres en surface à plus ou moins court terme. Il s'agit notamment de 5 ébauches de cloches de fontis, à l'origine d'un amincissement non négligeable des épaisseurs de recouvrement (inférieures à 2 m pour l'instabilité D85). Des instabilités de ce type, voire plus importantes, ont vraisemblablement générées des effondrements généralisés en surface dans le passé, comme en témoigne les « dépressions » repérées sur des plans anciens. Elles sont situées au sud, à l'est et au centre (au niveau de l'actuelle entrée). En souterrain, ces instabilités sont caractérisées par des zones complètement éboulées, ce qui limite l'accès à des galeries actuellement aveugles. Ces vides présentent probablement un état géotechnique analogue au reste du réseau et il n'est donc pas exclu qu'elles puissent abriter des instabilités susceptibles de générer des mouvements de terrain en surface. Enfin, le toit de la carrière est ponctué de chutes de toit relativement récentes (postérieures à l'exploitation de la cavité par les champignonnistes), ainsi que par de nombreux décollements de 1^{er} banc de toit ou d'instabilités isolées. A l'heure actuelle, ces instabilités ne sont pas susceptibles d'engendrer des désordres en surface, mais présentent un danger pour les intervenants en souterrain.

Compte tenu de ces observations, et au regard des enjeux, le BRGM recommande :

- De signaler au propriétaire de la parcelle OD 0396 l'emplacement des instabilités de toit les plus susceptibles d'engendrer des effondrements en surface. Il s'agit particulièrement des ébauches de cloches de fontis D85 et D88, au niveau desquelles les épaisseurs de recouvrement sont réduites à 2 m (dont quelques décimètres de terre végétale, d'argile de décarbonatation de la craie et de craie très altérée sans aucune compétence mécanique). Compte tenu de leurs géométries, toute probabilité d'auto-comblement est à exclure, et ils induiront à terme un effondrement en surface. Il conviendra donc d'éviter de circuler au droit de ces instabilités avec des véhicules lourds, et d'éviter au maximum les vibrations à proximité. Il faudra pour cela matérialiser en surface les zones à considérer comme instables ;
- De réaliser des études complémentaires pour préciser les risques des secteurs sous-cavés actuellement inaccessibles, *a minima* au droit des enjeux les plus sensibles. Le point le plus important concerne la portion de route départementale n°511 située dans

le prolongement sud de la grande instabilité « sud ». Nous préconisons la mise en place d'investigations géophysiques (par exemple couplage microgravimétrie / électrique – cf. rapport BRGM/RP-66828-FR) suivies de sondages de contrôle. Une fois les vides repérés et en fonction de leur état (prévoir des inspections en forage), on envisagera si possible la création d'un nouvel accès pour les inspecter directement. A noter que sur cet enjeu et sans attendre ces études complémentaires, il est également recommandé d'être vigilant sur l'apparition de désordres de type fissures, tassements ou effondrements sur la chaussée ou aux abords. En cas de mouvement de terrain, les services de l'Etat et le Département devront en être directement informés pour prendre les mesures qui s'imposent (sécurisation provisoire, diagnostic complémentaire etc.) ;

- Pour les intervenants en souterrain : de ne pas stationner sous les décollements de 1^{er} banc ou les instabilités ponctuelles, et particulièrement les grands décollements situés en périphérie de la salle d'entrée ;
- Remblayer les deux effondrements associés aux instabilités D45 et D46 (situés à la limite des parcelles OD 0390 et OD 0395). Ces deux fontis sont actuellement ouverts en surface, ce qui présente d'une part un danger potentiel de chute, et d'autre part favorise les intrusions (cas avéré).

Enfin, le BRGM préconise d'effectuer une visite de surveillance tous les 3 ans. Une attention particulière devra être portée sur :

- L'état de la voûte et des piliers au droit de la route départementale 509 ;
- les ébauches de cloches de fontis D85, D88, D96, D68 et D54 ;
- les 3 chutes de toit D9, D12 et D13 situées au droit ou aux abords de la RD509 ;
- les piliers très fracturés mécaniquement (représentés en orange sur le plan détaillé du diagnostic).

7. BIBLIOGRAPHIE

Guichard M. (2006) – L'exploitation des carrières de l'Orne de 1870 à 1939. Annales de Normandie, 56^{ème} année, n°4, 2006, pp. 503-520.

IFSTTAR (2014) – Le diagnostic de stabilité des carrières souterraines abandonnées. Guide méthodologique. Septembre 2014

Juignet P. (1974) – La transgression crétacé sur la bordure orientale du Massif armoricain : aptien, albien, cénomanien de Normandie et du Maine : le stratotype du Cénomanien – Thèse de doctorat – Université de Caen.

Meire B., Poncelet M. (2019) – Avis sur des travaux de sécurisation prévus sur la carrière souterraine dite des « Petites Hayes », commune de Coulonges-sur-Sarthe (61). Rapport d'expertise. Rapport BRGM/RP-68965-FR. 23 p., 8 ill.

Moguedet G., avec la collaboration de Charnet F., Gresselin F., Lemoine B. (1998) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Mortagne-au-Perche (252). Orléans : BRGM, 87 p. Carte géologique par G. Moguedet et al. (1998)

Pannet P., Tirard E (2009) – Examen d'une ancienne carrière, Les Petites Hayes, commune de Coulonges-sur-Sarthe (Orne). Avis du Brgm. Rapport BRGM/RP-57335-FR, 37 p., 4 ill., 14 ph., 1 ann.

8. ANNEXES

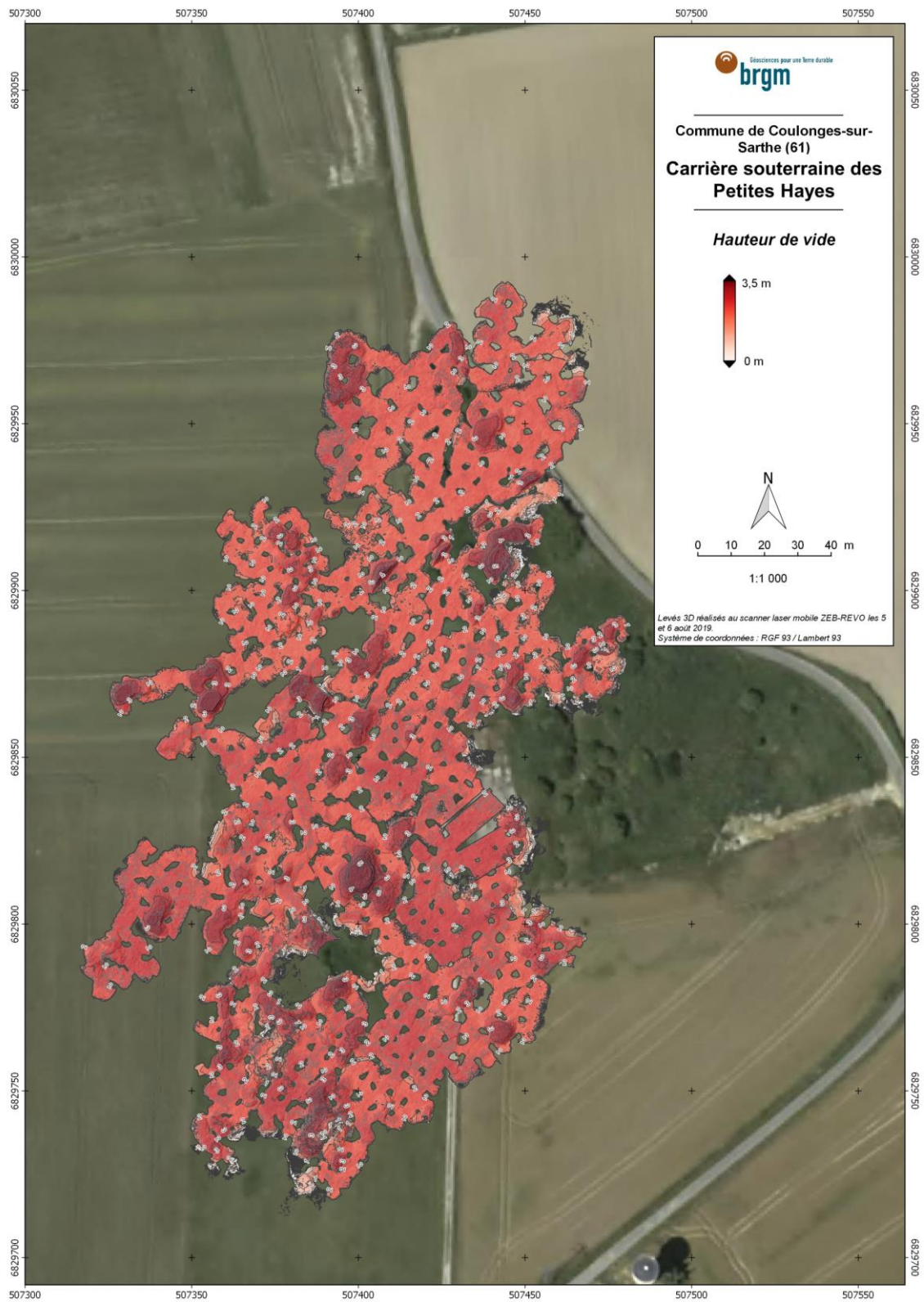
Annexe n°1 : Cartographie des hauteurs de vide dans la carrière souterraine des Petites Hayes

Annexe n°2 : Cartographie des épaisseurs de recouvrement de la carrière souterraine des Petites Hayes

Annexe n°3 : Cartographie de l'altitude du toit de la carrière souterraine des Petites Hayes

Annexe n°4 : Cartographie de l'altitude du sol de la carrière souterraine des Petites Hayes

Annexe 1 : Cartographie des hauteurs de vide dans la carrière souterraine des Petites Hayes



Annexe 2 : Cartographie des épaisseurs de recouvrement de la carrière souterraine des Petites Hayes

